



# Análisis de la aplicabilidad de medidas software para el diseño semi-automático de arquitecturas

A. Ramírez, J.R. Romero, S. Ventura

Dpto. de Informática y Análisis Numérico. Universidad de Córdoba.

*XIX Jornadas en Ingeniería del Software y Bases de Datos (JISBD 2014). Cádiz (España). 16-19 de septiembre de 2014.*

Sesión 6: Líneas de producto, componentes y arquitecturas software



Analyzability  
Interaction Security  
Maintainability Cohesion  
Software Modularity Coupling  
Components Quality Complexity  
Connectors Reusability Interfaces Methods  
Evolutionary Architecture Artificial  
Requirements Classes  
Design Reliability Metaheuristics  
Algorithms Engineering Optimization  
Intelligence Measure  
Analysis  
Functional

## Índice de contenido

1. Introducción
2. Problemática
3. Criterios de análisis
4. Catálogo de medidas
5. Estudio de aplicabilidad
6. Conclusiones y trabajo futuro

# Introducción

- Importancia del análisis arquitectónico
  - Identificación y especificación de los bloques funcionales
  - Factores de calidad
  - Gran influencia de las decisiones arquitectónicas
- Sistemas de soporte a la decisión (DSS)
  - Automatizar la búsqueda de soluciones
  - Ofrecer alternativas ante varios RNF
  - Metaheurísticas: procesos de búsqueda “inteligente”
    - ❖ Guiadas por funciones de evaluación (*fitness*)

# Introducción

- Ingeniería del Software basada en búsqueda (SBSE)

- Evaluación **automática** de artefactos software
- Necesidad de **medidas** para formular la función de *fitness*

- Optimización de arquitecturas software

- Los **métodos de evaluación clásicos** no son efectivos
- Las medidas han de ser **representativas de los RNF**
- Uso de estándares de **calidad** del software



# Introducción

- Especificación y diseño de **arquitecturas basadas en componentes**
  - Adecuación funcional
  - Mantenibilidad
    - ❖ Modularidad
    - ❖ Reutilización
- Análisis de **medidas software existentes** en el ámbito de la Ingeniería del Software
  - Catálogo de 62 medidas
  - Criterios de aplicabilidad en SBSE y DSS
  - Estudio de los problemas que presentan

# Problemática

## **Estándares**

Terminología  
Metodologías  
Modelos  
Pautas generales



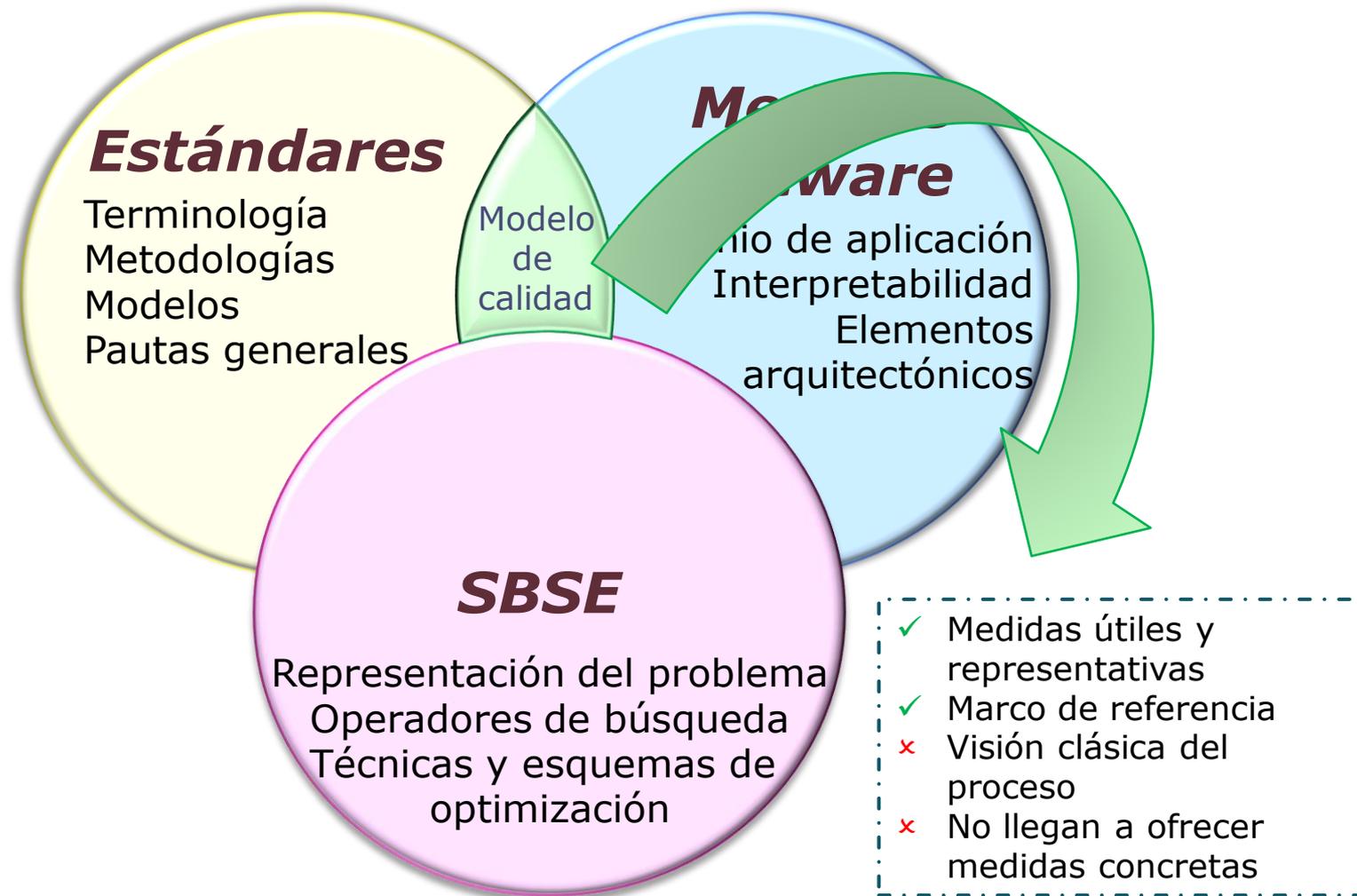
## **Medidas software**

Dominio de aplicación  
Interpretabilidad  
Elementos  
arquitectónicos

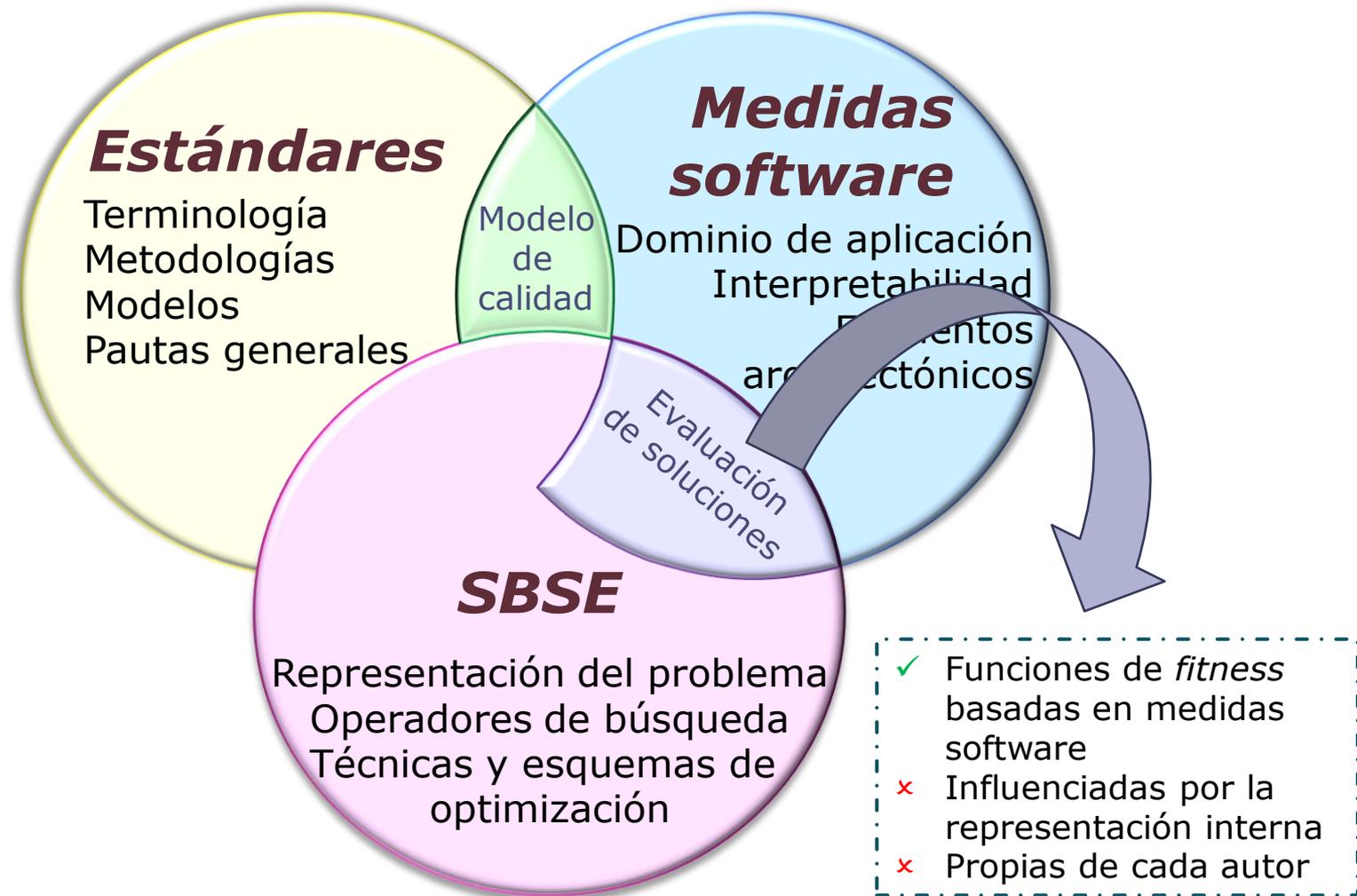
## **SBSE**

Representación del problema  
Operadores de búsqueda  
Técnicas y esquemas de  
optimización

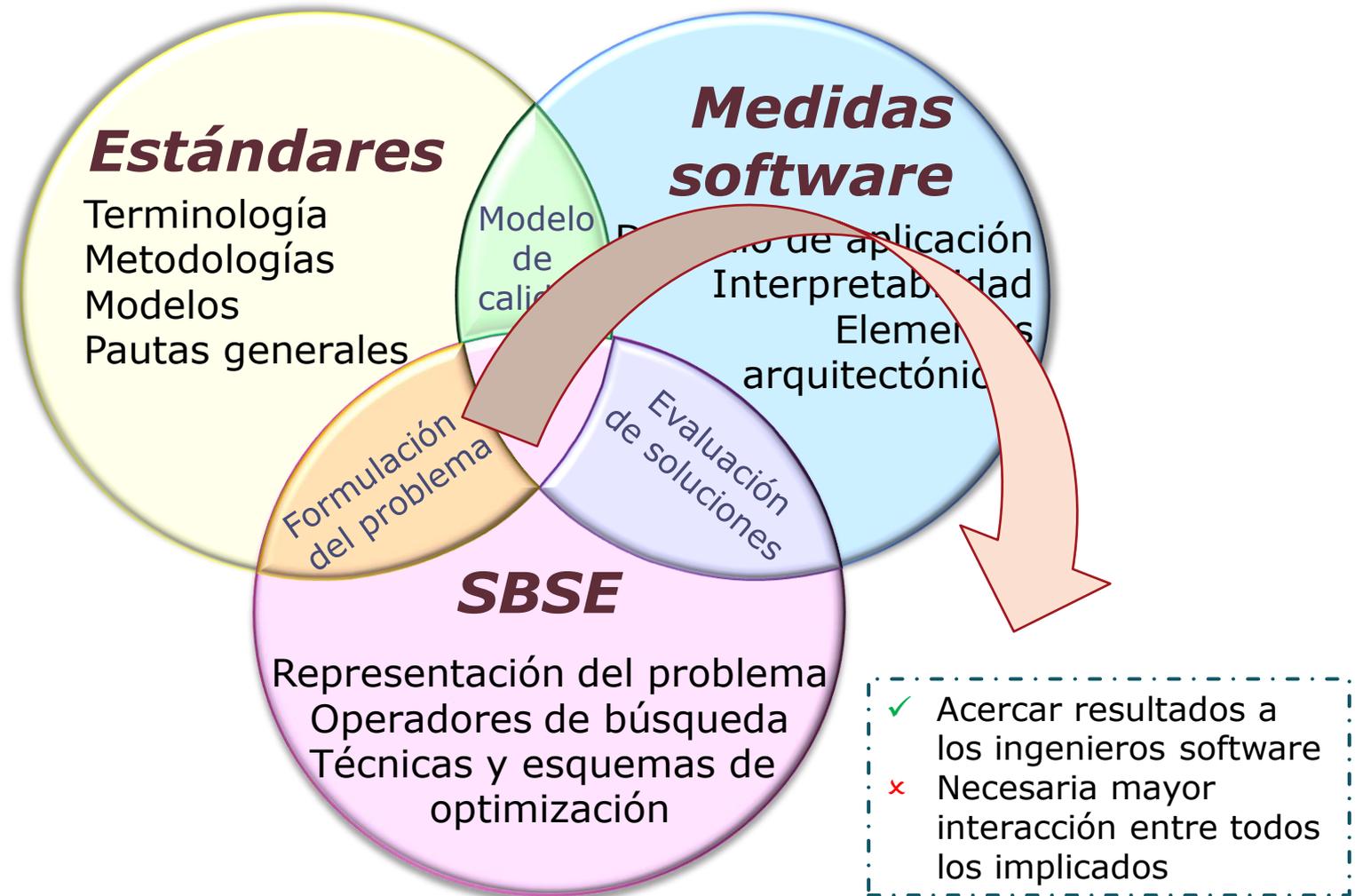
# Problemática



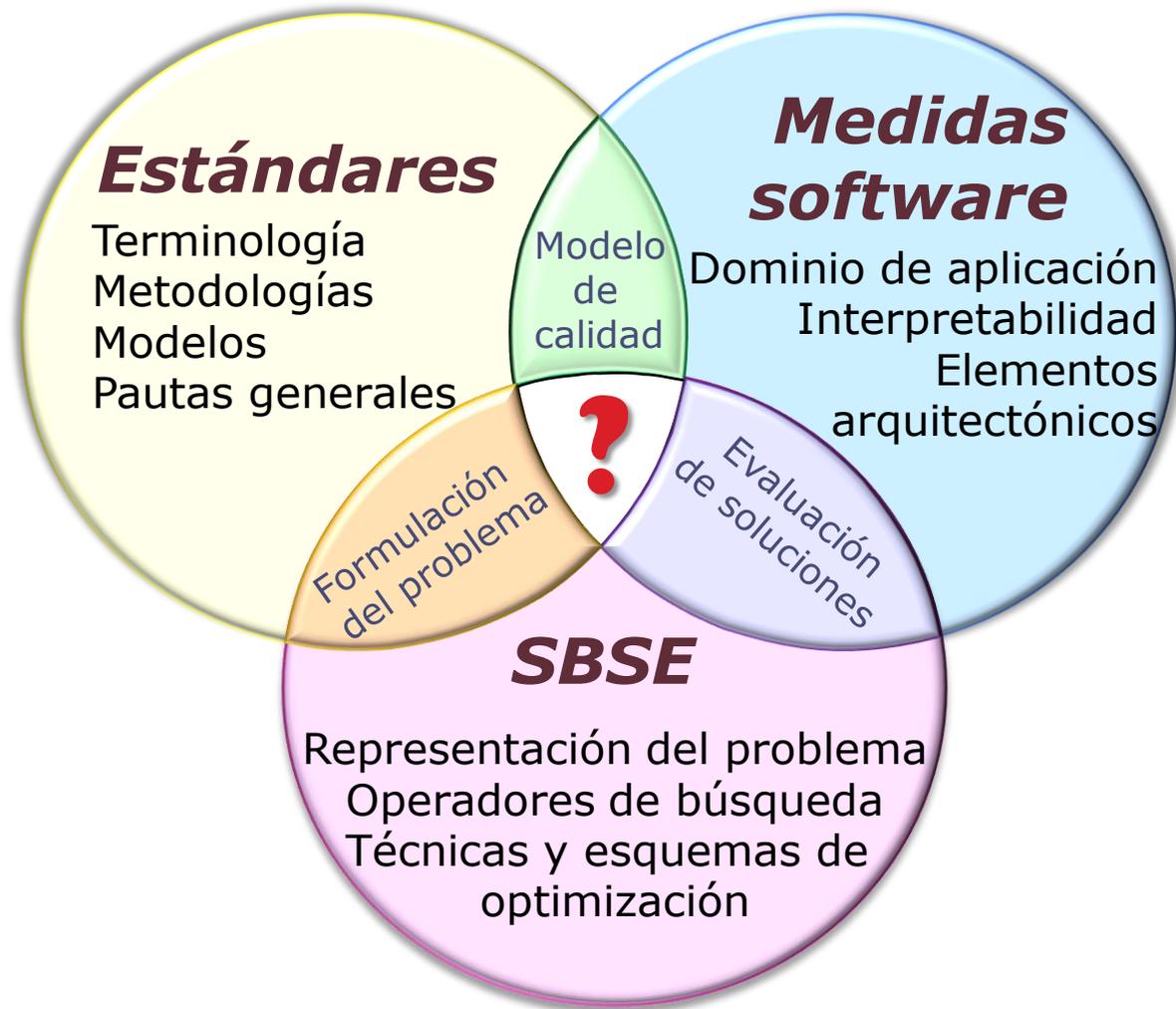
# Problemática



# Problemática



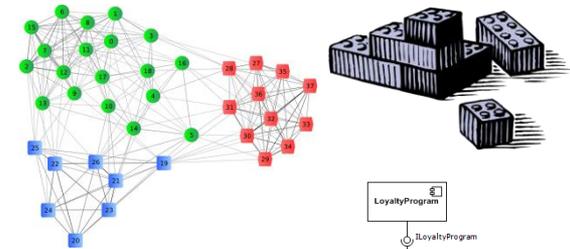
# Problemática



# Criterios de análisis

## 1. Representación de los elementos arquitectónicos

- ¿Cuáles se manejan?
- ¿Cómo se especifican?
- ¿Con qué nivel de granularidad?



## 2. Ámbito de aplicación

- ¿Cuál es el problema de optimización?
- ¿Qué requisitos lo guían?



## 3. Aplicabilidad de medidas software existentes

- ¿Quién las propone?
- ¿Son cuantificables?



# Criterios de análisis

## 4. Consideración de los factores de calidad evaluables

- ¿Qué RNF son evaluables en el ámbito del problema?
- ¿Cómo se trasladan a medidas cuantificables?



## 5. Definición precisa de medidas software

- ¿En qué intervalo se definen?
- ¿Están normalizadas?
- ¿Cómo se expresan?
- ¿Cómo se obtienen?



# Criterios de análisis

## 1. Representación de elementos arquitectónicos

- Elemento evaluado
  - Arquitectura
  - Componente
    - ❖ Caja negra
    - ❖ Caja blanca
  - Intefaz
  - Clase
  - Método
  - Aspecto arquitectónico
- Representación adoptada
  - Szypersky
  - Grafo de dependencias

## 2. Ámbito de aplicación

Creación, rediseño y descubrimiento de arquitecturas basadas en componentes

## 3. Medidas software existentes

Medidas cuantificables directamente sobre el modelo arquitectónico

## 4. Factores de calidad

- ISO/IEC 25010
  - Adecuación funcional
  - Mantenibilidad
    - ❖ Modularidad
    - ❖ Reutilización

## 5. Formulación de la medida

- Rango
  - Acotado
    - ❖ Normalizado
    - ❖ No normalizado
  - No acotado
- Expresión
  - Simple
  - Compuesta
  - Porcentaje
  - Ratio
- Cálculo
  - Directo
  - Indirecto

# Catálogo de medidas

- Medidas software para la **adecuación funcional**
  - Información referente a la funcionalidad esperada
  - Evaluable en una fase de desarrollo concreta
  - 5 medidas

<i>Coverage</i> [19]	D: Funcionalidad requerida que es cubierta por el componente <i>E<sub>a</sub></i> : Componente (N), interfaz F: $100 * \frac{Needed\ Interfaces \cap Provided\ Interfaces}{Needed\ Interfaces} \in [0, 100]$
<i>Service Implementation Coverage</i> [19]	D: Operaciones implementadas respecto a las especificadas <i>E<sub>a</sub></i> : Componente (N), operación F: $100 * \frac{Implemented\ Operations}{Specified\ Operations} \in [0, 100]$
<i>CDAC</i> [18]	D: N° de componentes asociados a un aspecto arquitectónico <i>E<sub>a</sub></i> : Aspecto arquitectónico, componente F: $\#Components \in [0, \#componentes_{arq}]$
<i>CDAI</i> [18]	D: N° de interfaces asociadas a un aspecto arquitectónico <i>E<sub>a</sub></i> : Aspecto arquitectónico, interfaz F: $\#Interfaces \in [0, \#interfaces_{arq}]$
<i>CDAO</i> [18]	D: N° de operaciones asociadas a un aspecto arquitectónico <i>E<sub>a</sub></i> : Aspecto arquitectónico, operación F: $\#Operations \in [0, \#operaciones_{arq}]$

# Catálogo de medidas

- Medidas software para la modularidad
  - Grado de independencia entre elementos arquitectónicos
  - Análisis de interacciones, tamaño...
  - 31 medidas

<i>TNC</i> [20]	D: N° de componentes en el sistema $E_a$ : Arq., comp. F: $\#components$
<i>CDT</i> [20]	D: N° de niveles de descomposición de la arquitectura $E_a$ : Arq., comp. F: $\#levels$
<i>WCT</i> [20]	D: Máxima anchura de descomposición de la arquitectura $E_a$ : Arq., comp. F: $max(\#components_{level})$

<i>Afferent Coupling</i> [18]	D: N° de componentes de los cuales requiere servicios un componente $E_a$ : Componente (N) F: $\#components\ afferent\ relation \in [0, n], n = \#componentes_{arq}$
<i>Efferent Coupling</i> [18]	D: N° de componentes a los cuales provee servicios un componente $E_a$ : Componente (N) F: $\#components\ efferent\ relation \in [0, n], n = \#componentes_{arq}$

<i>CRIT<sub>link</sub></i> [21]	D: N° de componentes que exceden un n° máximo de enlaces $E_a$ : Arq. (G), comp. F: $\#link\ component \in [0, \#comp_{arq}]$
<i>CRIT<sub>bridge</sub></i> [21]	D: N° de componentes "puente" (enlazan otros componentes) $E_a$ : Arq. (G), comp. F: $\#bridge\ component \in [0, \#comp_{arq}]$
<i>CRIT<sub>inher</sub></i> [21]	D: N° de componentes "raíz" $E_a$ : Arq. (G), comp. F: $\#root\ component \in [0, \#comp_{arq}]$
<i>CRIT<sub>size</sub></i> [21]	D: N° de componentes que exceden un tamaño crítico $E_a$ : Arq. (G), comp. F: $\#component\ size \in [0, \#comp_{arq}]$

<i>Instability</i> [25]	D: Ratio entre el acoplamiento aferente y eferente $E_a$ : Comp. (B), clase F: $\frac{C_e(A,B)}{C_e(A,B)+C_a(A,B)} \in [0, 1]$
<i>Interface Violations</i> [25]	D: Porcentaje del n° de accesos entre clases sin utilizar interfaces $E_a$ : Comp. (B), clase, inter. F: $\frac{RI(A,B)}{R(A,all)} \in [0, 1]$
<i>CIBC</i> [18]	D: N° de aspectos asociados a algún componente en común $E_a$ : Aspecto arquitectónico, componente F: $\#concerns\ component\ interlacing, \in [0, \#apectos_{arq}]$

# Catálogo de medidas

- Medidas software para la **reutilización**
  - Basadas en la complejidad y dominios de aplicación
  - 26 medidas

<i>CPD</i> [21]	D: Densidad de elementos que constituyen la arquitectura $E_a$ : Arq., comp. (B) F: $\frac{\# \langle \text{constituent} \rangle}{\# \text{components}} \in [1, \# \langle \text{constituent} \rangle]$
-----------------	--

<i>IFCI</i> [26]	D: Complejidad media de las interfaces ( $IFC = V(GI_j)$ [22]) $E_a$ : Arq., int. F: $\frac{IFC}{n}$
------------------	---

<i>CP</i> [26]	D: Complejidad del sistema en función del n° componentes ( $C_{i,j}$ ) de cada tipo de complejidad ( $W_{i,j}$ ) y un ajuste ( $VAF$ ) $E_a$ : Arquitectura F: $VAF * \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 C_{i,j} * W_{i,j}$
----------------	---

<i>CPC</i> [27]	D: Complejidad en función del número de clases e interfaces ( $CmpC$ ) y la complejidad de clases ( $CC$ ) y métodos ( $MC$ ) $E_a$ : Componente (B) F: $CmpC + \sum_{i=1}^n CC_i + \sum_{j=1}^m MC_j$
-----------------	---

<i>Complexity Ratio</i> [19]	D: N° medio de operaciones por interfaz proveída $E_a$ : Comp. (N) F: $\frac{\# \text{operations}}{\# \text{provided interfaces}}$
------------------------------	---

<i>Abstractness</i> [25]	D: Ratio de elementos ( $S$ ) abstractos en el componente $E_a$ : Comp. (B) F: $\frac{\text{card}(\text{abstract}(S))}{\text{card}(S)} \in [0, 1]$
--------------------------	---

<i>Methods without arguments</i> [29]	D: N° medio de métodos sin argumentos $E_a$ : Método F: $\frac{\# \text{methods without arguments}}{\# \text{methods}} \in [0, 1]$
---------------------------------------	---

<i>Method arguments for method</i> [29]	D: N° medio de argumentos por método $E_a$ : Método F: $\frac{\# \text{arguments}}{\# \text{methods}}$
---	---

<i>CR</i> [27]	D: Ratio entre el n° de métodos reutilizables en varios dominios ( $CCM_i$ ) y el total de métodos especificados ( $CIM_j$ ) $E_a$ : Componente F: $\frac{\sum_{i=1}^n \text{Count}(CCM_i)}{\sum_{j=1}^m \text{Count}(CIM_j)}, \in [0, 1]$
----------------	---

<i>CRLF<sub>unc</sub></i> [27]	D: Ratio entre la funcionalidad soportada y la requerida $E_a$ : Componente F: $\frac{\# \text{functions supported}}{\# \text{functions required}}$
--------------------------------	--

<i>NI</i> [18]	D: N° de interfaces $E_a$ : Componente F: $\# \text{interfaces}$
----------------	---

<i>NO</i> [18]	D: N° de operaciones $E_a$ : Interfaz F: $\# \text{operations}$
----------------	--

# Estudio de aplicabilidad

- Representación de elementos arquitectónicos
  - Evaluación global (arquitectura) vs. Evaluación local (componente)
  - Diferentes niveles de granularidad
  - Estructura interna del componente
  - Poca homogeneidad en la definición de componente
    - ❖ No especificado
    - ❖ Visión simplificada

Elemento evaluado	
Arquitectura	38,71%
Componente	37,10 %
Caja negra	30,43%
Caja blanca	65,22%
Interfaz	8,06%
Clase	1,61%
Método	4,84%
Aspecto arquitectónico	9,68%
Definición adoptada	
Szypersky	54,84%
Grafo de dependencias	14,52%
No especificado	30,64%

# Estudio de aplicabilidad

- Formulación de la medida
  - Dificultad de interpretación
    - ❖ Sin escala
    - ❖ Sin intervalos de referencia
  - Expresiones compuestas
    - ❖ Agregación de medidas
    - ❖ Poco representativas
  - Porcentajes y ratios
  - Preferible que sean directamente aplicable sobre los modelos arquitectónicos

Rango	
Acotado	48,39%
Normalizado	40,00%
No normalizado	60,00%
No acotado	51,61%
Expresión	
Simple	32,26%
Compuesta	19,35%
Porcentaje	4,84%
Ratio	43,55%
Cálculo	
Directo	75,81%
Indirecto	24,19%

# Estudio de aplicabilidad

- Otras consideraciones
  - No es frecuente relacionar los criterios de calidad
  - No existe homogeneidad en la definición de las medidas
    - ❖ Acoplamiento, complejidad...
- Problemas encontrados
  - Conocimiento profundo de las medidas para seleccionarlas
  - Dificultad de interpretación
  - Relación entre RNF y medidas concretas

# Conclusiones y trabajo futuro

- Problemática de la definición y selección de medidas software
  - Medidas computacionales
  - Dirigidas a formular *funciones de fitness*
  - *Relación consistente* entre factores de calidad y medidas concretas
- Trabajo futuro
  - Análisis de *otros atributos* de calidad
  - Ampliación de los *problemas de optimización* a abordar
  - Optimización *conjunta* de distintos factores de calidad
  - *Dependencias* entre medidas software



# Análisis de la aplicabilidad de medidas software para el diseño semi-automático de arquitecturas

A. Ramírez, J.R. Romero, S. Ventura

Dpto. de Informática y Análisis Numérico. Universidad de Córdoba.

*XIX Jornadas en Ingeniería del Software y Bases de Datos (JISBD 2014). Cádiz (España). 16-19 de septiembre de 2014.*

Sesión 6: Líneas de producto, componentes y arquitecturas software



## Medidas para la adecuación funcional

<i>Coverage</i> [19]	D: Funcionalidad requerida que es cubierta por el componente $E_a$ : Componente (N), interfaz $F: 100 * \frac{Needed\ Interfaces \cap Provided\ Interfaces}{Needed\ Interfaces} \in [0, 100]$
<i>Service Implementation Coverage</i> [19]	D: Operaciones implementadas respecto a las especificadas $E_a$ : Componente (N), operación $F: 100 * \frac{Implemented\ Operations}{Specified\ Operations} \in [0, 100]$
<i>CDAC</i> [18]	D: N° de componentes asociados a un aspecto arquitectónico $E_a$ : Aspecto arquitectónico, componente $F: \#Components \in [0, \#componentes_{arq}]$
<i>CDAI</i> [18]	D: N° de interfaces asociadas a un aspecto arquitectónico $E_a$ : Aspecto arquitectónico, interfaz $F: \#Interfaces \in [0, \#interfaces_{arq}]$
<i>CDAO</i> [18]	D: N° de operaciones asociadas a un aspecto arquitectónico $E_a$ : Aspecto arquitectónico, operación $F: \#Operations \in [0, \#operaciones_{arq}]$

D: Descripción

$E_a$ : Elemento arquitectónico

F: Formulación

(N): Componente “de caja negra” (B): Componente “de caja blanca” (G): Grafo de dependencias

# Medidas para la modularidad (I)

<i>TNC</i> [20]	D: N° de componentes en el sistema $E_a$ : Arq., comp. F: $\#components$
<i>CDT</i> [20]	D: N° de niveles de descomposición de la arquitectura $E_a$ : Arq., comp. F: $\#levels$
<i>WCT</i> [20]	D: Máxima anchura de descomposición de la arquitectura $E_a$ : Arq., comp. F: $max(\#components_{level})$
<i>CRIT<sub>link</sub></i> [21]	D: N° de componentes que exceden un n° máximo de enlaces $E_a$ : Arq. (G), comp. F: $\#link\ component \in [0, \#comp.arq]$
<i>CRIT<sub>bridge</sub></i> [21]	D: N° de componentes “puente” (enlazan otros componentes) $E_a$ : Arq. (G), comp. F: $\#bridge\ component \in [0, \#comp.arq]$
<i>CRIT<sub>inher</sub></i> [21]	D: N° de componentes “raíz” $E_a$ : Arq. (G), comp. F: $\#root\ component \in [0, \#comp.arq]$
<i>CRIT<sub>size</sub></i> [21]	D: N° de componentes que exceden un tamaño crítico $E_a$ : Arq. (G), comp. F: $\#component\ size \in [0, \#comp.arq]$
<i>CC</i> [22]	D: Complejidad basada en interfaces ( $IF_i$ ) y tipos de datos ( $CM_j$ ) $E_a$ : Arquitectura F: $\sum_i^n IF_i * \sum_j^m CM_j$
<i>CI%</i> [23]	D: Ratio entre interacciones de entrada ( $I_i$ ) y salida ( $I_o$ ) $E_a$ : Arquitectura F: $\frac{I_i}{I_o} * 100 \in [0, 100]$
<i>I%MCI</i> [23]	D: Densidad de interacción en el sistema (ver <i>CI%</i> ) $E_a$ : Arquitectura F: $\frac{I_i + I_o}{CI\%}$
<i>CI</i> [23]	D: Complejidad de las interacciones en el sistema $E_a$ : Arquitectura F: $\frac{C_i + C_o}{C}$ , $C = \#components_{arq}$
<i>CDM</i> [24]	D: N° de interacciones ( <i>paths</i> ) entre componentes $E_a$ : Arquitectura (G), componente F: $\sum_i^n \sum_j^n Path(i, j) \in [0, n(n-1) \sum_{i=0}^{n-2} \frac{(n-2)!}{(n-2-i)!}]$
<i>DCOM</i> [24]	D: Ratio entre el número de interacciones actual y máximo $E_a$ : Arq. (G), comp. F: $\frac{CDM}{CDM_{max}} \in [0, 1]$
<i>CIDM</i> [24]	D: N° medio de interacciones ( <i>I</i> ) por componente ( <i>N</i> ) $E_a$ : Arq. (G), comp. F: $\frac{I}{N}$
<i>TNL</i> [20]	D: N° de “links” en el sistema $E_a$ : Arq., conect. F: $\#links$

D: Descripción

$E_a$ : Elemento arquitectónico

F: Formulación

(N): Componente “de caja negra” (B): Componente “de caja blanca” (G): Grafo de dependencias

# Medidas para la modularidad (II)

TNI [20]	D: N° de interfaces en el sistema $E_a$ : Arquitectura, interfaz F: $\#interfaces$
ANMC [20]	D: N° medio de métodos por componente $E_a$ : Arq., comp., mét. F: $\frac{\#methods}{\#components}$
ANLC [20]	D: N° medio de "links" entre componentes $E_a$ : Arq., comp., con. F: $\frac{\#links}{\#components}$
ANIC [20]	D: N° medio de interfaces por componente $E_a$ : Arq., comp. (N), int. F: $\frac{\#interfaces}{\#components}$
ANLI [20]	D: N° medio de "links" por interfaz $E_a$ : Arq., con., int. F: $\frac{\#links}{\#interfaces}$
Afferent Coupling [18]	D: N° de componentes de los cuales requiere servicios un componente $E_a$ : Componente (N) F: $\#components\ afferent\ relation \in [0, n], n = \#componentes_{arq}$
Efferent Coupling [18]	D: N° de componentes a los cuales provee servicios un componente $E_a$ : Componente (N) F: $\#components\ efferent\ relation \in [0, n], n = \#componentes_{arq}$
LCC [18]	D: N° de aspectos (c) distintos asociados a un componente (i) $E_a$ : Componente (N), aspecto arquitectónico F: $\#c_i + \#C_{inter_i} + \#C_{oper_i}$
Afferent Coupling [25]	D: N° de clases de las cuales dependen las clases del componente $E_a$ : Comp. (B), clase F: $\#afferent\ rel_{A,B} \in [0, \#clases_{arq}]$
Efferent Coupling [25]	D: N° de clases externas que dependen de las clases del componente $E_a$ : Comp. (B), clase F: $\#efferent\ rel_{A,B} \in [0, \#clases_{arq}]$
Coupling [25]	D: Porcentaje de relaciones entre clases de dos componentes $E_a$ : Comp. (B), clase F: $\frac{R(A,B)}{R(A,all)} \in [0, 1]$
Instability [25]	D: Ratio entre el acoplamiento aferente y eferente $E_a$ : Comp. (B), clase F: $\frac{C_e(A,B)}{C_e(A,B)+C_a(A,B)} \in [0, 1]$
Interface Violations [25]	D: Porcentaje del n° de accesos entre clases sin utilizar interfaces $E_a$ : Comp. (B), clase, inter. F: $\frac{RI(A,B)}{R(A,all)} \in [0, 1]$
CIBC [18]	D: N° de aspectos asociados a algún componente en común $E_a$ : Aspecto arquitectónico, componente F: $\#concerns\ component\ interlacing, \in [0, \#aspectos_{arq}]$
IIBC [18]	D: N° de aspectos asociados a alguna interfaz en común $E_a$ : Aspecto arquitectónico, interfaz F: $\#concerns\ inter\ face\ interlacing, \in [0, \#aspectos_{arq}]$
OIBC [18]	D: N° de aspectos asociados a alguna operación en común $E_a$ : Aspecto arquitectónico, operación F: $\#concerns\ operation\ overlapping, \in [0, \#aspectos_{arq}]$

D: Descripción

$E_a$ : Elemento arquitectónico

F: Formulación

(N): Componente "de caja negra" (B): Componente "de caja blanca" (G): Grafo de dependencias

# Medidas para la reutilización (I)

<i>CPD</i> [21]	D: Densidad de elementos que constituyen la arquitectura $E_a$ : Arq., comp. (B) F: $\frac{\# \langle \text{constituent} \rangle}{\# \text{components}} \in [1, \# \langle \text{constituent} \rangle]$
<i>IFCI</i> [26]	D: Complejidad media de las interfaces ( $IFC = V(GI_j)$ [22]) $E_a$ : Arq., int. F: $\frac{IFC}{n}$
<i>ITCI</i> [26]	D: Complejidad media de las interacciones ( $ITC$ ) en función de la frecuencia ( $IF_{ij}$ ) y tipos de datos intercambiados ( $CM_{ijk}$ ) $E_a$ : Arquitectura F: $\frac{ITC}{n}$ , $ITC = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m IF_{ij} * \sum_{k=1}^n CM_{ijk}$
<i>CP</i> [26]	D: Complejidad del sistema en función del n° componentes ( $C_{i,j}$ ) de cada tipo de complejidad ( $W_{i,j}$ ) y un ajuste ( $VAF$ ) $E_a$ : Arquitectura F: $VAF * \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 C_{i,j} * W_{i,j}$
<i>CPC</i> [27]	D: Complejidad en función del número de clases e interfaces ( $CmpC$ ) y la complejidad de clases ( $CC$ ) y métodos ( $MC$ ) $E_a$ : Componente (B) F: $CmpC + \sum_{i=1}^n CC_i + \sum_{j=1}^m MC_j$
<i>CSC</i> [27]	D: Complejidad basada en las clases que conforman el componente y las relaciones entre ellas $E_a$ : Componente F: $\sum_{i=1}^m (Count(R_i) * W(R_i))$
<i>CDC</i> [27]	D: Complejidad basada en el n° de mensajes entre clases $E_a$ : Componente F: $\sum_{i=1}^n DC(IM_i)$
<i>CR</i> [27]	D: Ratio entre el n° de métodos reutilizables en varios dominios ( $CCM_i$ ) y el total de métodos especificados ( $CIM_j$ ) $E_a$ : Componente F: $\frac{\sum_{i=1}^n Count(CCM_i)}{\sum_{j=1}^n Count(CIM_j)}, \in [0, 1]$
<i>CRL<sub>Func</sub></i> [27]	D: Ratio entre la funcionalidad soportada y la requerida $E_a$ : Componente F: $\frac{\# \text{functions supported}}{\# \text{functions required}}$
<i>CCM</i> [28]	D: Complejidad basada en las relaciones entre clases ( $RCM$ ), atributos ( $ACM$ ), métodos ( $MCM$ ) y mensajes ( $MPCM$ ) $E_a$ : Componente (B) F: $\alpha RCM + \beta ACM + \gamma MCM + \eta MPCM$
$IC_i$ [22]	D: Complejidad basada en los tipos de interfaces ( $ILF$ , $ELF$ ) $E_a$ : Componente (B) F: $\sum_{i=1}^n ILF_i + \sum_{j=1}^m EIF_j$
$V(GT_i)$ [22]	D: Complejidad basada en las interfaces ( $V(GI)$ ) $E_a$ : Componente (B) F: $\sum_{j=1}^n V(GI_j)$
$A(GT_i)$ [22]	D: Complejidad basada en restricciones ( $V(GT_i)$ ) y número de operaciones ( $NO_i$ ) $E_a$ : Componente (B) F: $\frac{V(GT_i)}{NO_i}$
<i>Complexity Ratio</i> [19]	D: N° medio de operaciones por interfaz proveída $E_a$ : Comp. (N) F: $\frac{\# \text{operations}}{\# \text{provided interfaces}}$
<i>Abstractness</i> [25]	D: Ratio de elementos ( $S$ ) abstractos en el componente $E_a$ : Comp. (B) F: $\frac{card(\text{abstract}(S))}{card(S)} \in [0, 1]$

D: Descripción

$E_a$ : Elemento arquitectónico

F: Formulación

(N): Componente "de caja negra" (B): Componente "de caja blanca" (G): Grafo de dependencias

# Medidas para la reutilización (II)

<i>Ratio of method per Interface</i> [29]	D: N° medio de métodos por interfaz $E_a$ : Comp. (N) F: $\frac{\#methods}{\#interfaces} \in [1, \#methods]$
<i>NI</i> [18]	D: N° de interfaces $E_a$ : Componente F: $\#interfaces$
<i>NO</i> [18]	D: N° de operaciones $E_a$ : Interfaz F: $\#operations$
<i>APP</i> [30]	D: Ratio entre el n° de argumentos ( $n_a$ ) y métodos ( $n_p$ ) $E_a$ : Interfaz F: $\frac{n_a}{n_p}$
<i>DAR</i> [30]	D: Ratio entre el n° de pares parámetro-tipo ( $DAC$ ) y el n° de argumentos ( $n_a$ ) $E_a$ : Interfaz F: $\frac{DAC}{n_a}, \in [0, 1]$
<i>ARS</i> [30]	D: Ratio entre el n° de apariencias de un par parámetro-tipo de dato ( $a$ ) y el n° de argumentos $E_a$ : Interfaz F: $\frac{\sum_{a \in A}  a ^2}{n_a}, \in [1, n_a]$
<i>V(GI<sub>j</sub>)</i> [22]	D: Complejidad basada en operaciones ( $V(GO_k)$ ) $E_a$ : Interfaz F: $\sum_{k=1}^{max} V(GO_k)$
<i>Return values for method</i> [29]	D: N° medio de valores de retorno por método $E_a$ : Método F: $\frac{\#return\ values}{\#methods} \in [0, 1]$
<i>Methods without arguments</i> [29]	D: N° medio de métodos sin argumentos $E_a$ : Método F: $\frac{\#methods\ without\ arguments}{\#methods} \in [0, 1]$
<i>Method arguments for method</i> [29]	D: N° medio de argumentos por método $E_a$ : Método F: $\frac{\#arguments}{\#methods}$
<i>Constructors per class</i> [29]	D: N° medio de constructores por clase $E_a$ : Clase F: $\frac{\#constructors}{\#classes}$

D: Descripción

$E_a$ : Elemento arquitectónico

F: Formulación

(N): Componente “de caja negra” (B): Componente “de caja blanca” (G): Grafo de dependencias